

IFW



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

APPLICANTS: Jens FEHRE et al CONFIRMATION NO.: 2363  
SERIAL NO.: 10/776,088 GROUP ART UNIT: 3737  
FILED: February 11, 2004  
TITLE: "METHOD FOR GENERATING A THREE-DIMENSIONAL  
ULTRASOUND IMAGE"

Commissioner for Patents  
P. O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

S I R:

Applicants herewith submit a certified copy of German Application 103 05 603.3, filed in the German Patent and Trademark Office on February 11, 2003, on which Applicants base their claim for convention priority under 35 U.S.C. §119.

Submitted by,

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "John A. Robinson".

(Reg. 31,870)

SCHIFF, HARDIN LLP  
**CUSTOMER NO. 26574**  
Patent Department  
6600 Sears Tower  
233 South Wacker Drive  
Chicago, Illinois 60606  
Telephone: 312/258-5790  
Attorneys for Applicant.



### CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P. O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on June 29, 2004.

  
\_\_\_\_\_

MELVIN A. ROBINSON

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 05 603.3

**Anmeldetag:** 11. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE

**Bezeichnung:** Einrichtung zum Erzeugen eines drei-  
dimensionalen Ultraschallbildes

**IPC:** A 61 B, G 03 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 02. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ebert', is written over the printed name.

Ebert

## Beschreibung

Einrichtung zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes, die insbesondere beim Überwachen und Visualisieren der Zertrümmerung eines Konkrements bei der Lithotripsie Verwendung findet.

10

Um bei der Nierensteinzertrümmerung sicherzustellen, dass das betreffende Konkrement möglichst effizient, d. h. mit möglichst wenig Stoßimpulsen in einer für den Patienten schonenden Weise erfolgen kann, ist es wünschenswert, die sukzessive Zertrümmerung des Konkrements mit Hilfe einer dreidimensionalen Darstellung des Steines und seiner Umgebung zu visualisieren.

15

Eine solche dreidimensionale Visualisierung ist mit einer Einrichtung möglich, wie sie beispielsweise aus M. Bechtold, B. Granz, R. Oppelt, „2-D Array for Diagnostic Imaging“, IEEE Ultrasonics Symposium 1996, Seiten 1573 - 1576, bekannt ist. Dort wird mit Hilfe einer zweidimensionalen Ultraschallwandleranordnung aus 64\*64 Wandlerelementen durch phasenverzögerte Ansteuerung der Wandlerelemente ein dreidimensionales Bild erzeugt.

20

25

Ein dreidimensionales Ultraschallbild kann auch mit einer eindimensionalen Ultraschallwandleranordnung erzeugt werden, deren Wandlerelemente phasenverzögert angesteuert sind und mit Hilfe eines elektronischen Schwenks ein B-Bild erzeugen (lineares phased array). Durch einen mechanischen Schwenk senkrecht zur B-Bild-Ebene wird eine Folge von zweidimensionalen Bildern (B-Bild) bei jeweils bekannten Schwenkpositionen erzeugt. Die Folge dieser B-Bilder wird dann zu einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt.

30

35

Aus der DE-OS 198 28 947 A1 ist ein Verfahren zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes mit Hilfe eines linearen Ultraschallwandlerarrays bekannt, bei der das dreidimensionale Bild ebenfalls aus einer Vielzahl von B-Bildern zusammengesetzt ist, die zeitlich aufeinander bei einer Bewegung des linearen Ultraschallwandlerarrays entstehen. Durch eine spezielle Auswertung der zeitlich aufeinander folgenden B-Bilder ist eine dimensionsrichtige Wiedergabe eines dreidimensionalen Ultraschallbildes auch dann möglich, wenn die Bewegung ungleichmäßig erfolgt und beispielsweise manuell von der Bedienperson durchgeführt wird. Eine entsprechende kommerzielle Software ist von der Siemens AG unter dem Handelsnamen 3-Scape erhältlich.

- 15 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zu Grunde, eine Einrichtung zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes anzugeben, die konstruktiv unaufwendig ist.

Die genannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Gemäß diesen Merkmalen enthält eine Einrichtung zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes einer durch Atembewegungen ortsveränderlichen Körperregion eine Ultraschallwandleranordnung zum Erzeugen zeitlich aufeinanderfolgender B-Bilder in einer ortsfesten Bildebene, die auf Grund der Atembewegung zu verschiedenen Schnittebenen der Körperregion gehören sowie eine Bildverarbeitungseinrichtung zum dimensionsrichtigen Zusammensetzen der zeitlich aufeinanderfolgenden B-Bilder zu einem 3D-Bild.

30

Die Erfindung beruht dabei auf der Überlegung, dass allein die durch Atembewegung entstehende Verschiebung der Lage einer innenliegenden Körperregion des Patienten relativ zu einer ortsfesten B-Bildebene ausreicht, um mit Hilfe einer Abfolge der in einer ortsfesten Bildebene erzeugten B-Bilder ein 3D-Bild zu erzeugen. Unter dem Begriff „ortsfest“ ist im Sinne der Erfindung zu verstehen, dass die B-Scanebene (Bild-

35

ebene) entweder ortsfest zum Behandlungstisch oder ortsfest relativ zur Körperoberfläche angeordnet ist. Auch bei ortsfester Anordnung relativ zur Körperoberfläche wird die Körperregion des Patienten auf Grund seiner Atembewegung in verschiedenen Schnittebenen erfasst, da sich durch die Atembewegung die Körperoberfläche nur geringfügig und in erster Linie senkrecht zur Normalen bewegt, während die innenliegenden Organe in erster Linie eine Bewegung quer zur Normalen mit einem deutlich größeren Hub (bis zu 5cm) erfahren.

Um das maximale Volumen darstellen zu können, muss die Ultraschallwandleranordnung und die ihr zugeordnete Scan- oder Bildebene lediglich etwa senkrecht zur Richtung der durch die Atembewegung verursachten Verschiebungen der betreffenden Körperregionen positioniert und in dieser Position gehalten werden.

Als Ultraschallwandleranordnung ist insbesondere ein Ultraschallwandlerarray mit einer Vielzahl von einzeln ansteuerbaren Wandlerelementen vorgesehen, das ohne mechanische Bewegung eine rein elektronische Erzeugung eines B-Bildes ermöglicht. Geeignet sind beispielsweise ein lineares Ultraschallwandlerarray, mit dem ein linearer Scan durchgeführt werden kann, oder ein Curved Linear Array oder ein phasenverzögert angesteuertes lineares Ultraschallwandlerarray, die die Durchführung eines elektronischen Schwenks ermöglichen.

Da zum Erzeugen eines 3D-Bildes ein Bewegen der Ultraschallwandleranordnung nicht mehr erforderlich ist, ist insbesondere bei deren unmittelbarer Anordnung auf der Haut des Patienten (Bildebene ortsfest relativ zur Körperoberfläche) eine gleichbleibende Ultraschall-Ankopplung sichergestellt, so dass Schwankungen der Bildqualität der einzelnen B-Bilder vermieden sind. Außerdem wird ein unabsichtliches Kippen des Arrays, durch das falsche Ebenen im Körper dargestellt werden würden, vermieden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Bildverarbeitungseinrichtung zusätzlich Mittel zum Umwandeln des 3D-Bildes in ein oder mehrere C-Bilder. Dies ermöglicht die Betrachtung der überwachten Körperregionen in einer Darstellungsart, wie sie bei der Röntgendiagnostik üblich ist, so dass Röntgenbild und Ultraschallbild unmittelbar miteinander verglichen werden können. Diese Betrachtungsweise ist sehr vorteilhaft, da sich die diagnostischen Inhalte von Röntgen- und Ultraschallbildern addieren.

Eine Einrichtung gemäß der Erfindung findet insbesondere Verwendung zum Überwachen und Visualisieren der Zertrümmerung eines Konkrements bei der Lithotripsie. Mit ihr lässt sich einerseits die Zielgenauigkeit bei der Zertrümmerung erhöhen d.h. eine genaue Justierung des Fokus der Stoßwelle auf das Konkrement durchführen. Andererseits ist eine präzise und anschauliche Überwachung der Zertrümmerung des Konkrements möglich, so dass sowohl die Anzahl der zur Zertrümmerung erforderlichen Stoßwellenpulse als auch die Belastung gesunder Gewebезonen auf ein Minimum reduziert werden können. In dieser Anwendung ist die Einrichtung vorzugsweise integraler Bestandteil eines Lithotripters.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf das Ausführungsbeispiel der Zeichnung verwiesen, in deren einziger Figur eine Einrichtung gemäß der Erfindung schematisch veranschaulicht ist.

Gemäß dieser Figur ist über einer zu untersuchenden Körperregion 2 eines auf einem Behandlungstisch ruhenden Patienten 4 eine Ultraschallwandleranordnung 6 positioniert. Die Ultraschallwandleranordnung 6 erzeugt ein B-Bild in einer ortsfesten zy-Ebene. Hierzu kann die Ultraschallwandleranordnung 6 während der Bildaufnahme raumfest (ortsfest relativ zu einem Behandlungstisch) über eine Wasservorlaufstrecke beabstandet von der Hautoberfläche des Patienten 4 an diesen akustisch angekoppelt sein.

Im Ausführungsbeispiel ist als Ultraschallwandleranordnung 6 ein lineares Ultraschallwandlerarray vorgesehen, dessen Wandlerelemente 61-69 phasenverzögert angesteuert sind. Dieser kann unmittelbar (Ankopplung über ein Gel) auf der Hautoberfläche des Patienten 4, d. h. ortsfest relativ zur Körperoberfläche des Patienten, angeordnet sein. Alternativ zur Verwendung eines solchen Phased Arrays kann auch ein Linear Curved Array oder ein Linear Array vorgesehen sein, mit denen ein Schwenk bzw. ein Linearscan durchgeführt werden kann, ohne dass hierzu eine phasenverzögerte Ansteuerung der Wandlerelemente erforderlich ist. Grundsätzlich sind auch Ultraschallwandleranordnungen möglich, die mit Hilfe einer mechanischen Bewegung, beispielsweise durch mechanischen Schwenk eines Einzelwandlers, ein B-Bild erzeugen.

In der Figur ist zu erkennen, dass sich ein in der Körperregion 2 befindliches Untersuchungsobjekt, im Beispiel eine Niere 8 mit einem darin befindlichen Konkrement 10, aufgrund der Atembewegung des Patienten 2 nahezu linear in einer Richtung x hin und her bewegt, wobei der gesamte Bewegungshub  $\Delta x$  bis zu 5cm betragen kann.

Mit Hilfe der Ultraschallwandleranordnung 6 werden mit einer vorgegebenen Wiederholrate, beispielsweise 25Hz, in der ruhenden (ortsfesten) Bildebene zy zeitlich aufeinanderfolgend B-Bilder, d. h. zweidimensionale Schnittbilder aus der jeweils im Schwenkbereich der Ultraschallwandleranordnung 6 befindlichen Körperregion 2 erzeugt.

In der Figur sind gestrichelt die Lage der Niere 8 und des Konkrements 10 bei jeweils maximaler Auslenkung und durchgezogen in einer mittleren Position dargestellt. Während einer vollständigen Atembewegung werden eine Vielzahl von B-Bildern S1 bis S7 erzeugt (aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur 7 B-Bilder eingezeichnet). Das B-Bild S1 bildet eine Situation ab, in der sich die Niere 8 in der gestrichelt eingezeichneten Position I befindet. Dabei wird der Bereich der



Niere durch die Ultraschallwandleranordnung 6 erfasst, der sich zu diesem Zeitpunkt in der zy-Ebene, d. h. in der Figur rechts vom Konkrement 10 befindet. Die Niere 8 bewegt sich in x-Richtung nach rechts, so dass die ruhende zy-Schnittebene  
5    nacheinander andere Zonen der Niere 8 schneidet. Bei der Aufnahme des B-Bildes S4 befindet sich die Niere 8 in Position II und das Konkrement 10 in der zy-Ebene, so dass es von der Ultraschallwandleranordnung 6 erfasst wird. Bei der Aufnahme des B-Bildes S7 wird in der zy-Ebene ein Bereich der Niere 8  
10    erfasst, der links vom Konkrement 10 liegt (Position III).

Die aufeinanderfolgenden B-Bilder S1-S7 werden in einer Bildverarbeitungseinrichtung 12 dimensionsrichtig zu einem 3D-Bild zusammengesetzt, das eine räumliche Betrachtung der  
15    betreffenden Körperregion mit Hilfe eines Monitors 14 ermöglicht. Das dimensionsrichtige Zusammensetzen der einzelnen B-Bilder S1-S7 erfolgt nach einem Verfahren, wie es beispielsweise in der DE 198 28 947 A1 offenbart ist. Beim seitenrichtigen Zusammensetzen der B-Bilder S1 bis S7 entsteht ein  
20    räumliches Abbild B eines schematisch als Quader eingezeichneten Ausschnittes der Körperregion 2 um das Konkrement 10.

Um eine korrekte 3D-Wiedergabe zu erzielen, muss die Scan-Ebene zy der Ultraschallwandleranordnung 6 wenigstens annähernd senkrecht zur durch die Atembewegung verursachten Linearverschiebung der Körperregion 2 ausgerichtet werden. Hierzu  
25    wird beispielsweise zunächst die Array-Längsrichtung (Scan-Ebene) in die Richtung der Atembewegung ausgerichtet und die Richtung der maximalen Auslenkung festgestellt. Danach wird  
30    das Array um die z-Achse um  $90^\circ$  gedreht und steht dann genau senkrecht zur Atembewegung.

Mit Hilfe der Bildverarbeitungseinrichtung 12 ist es darüber hinaus möglich, auch eine C-Bild Darstellung, d.h. eine Darstellung in einer oder mehreren Projektionsebenen senkrecht  
35    zur z-Achse, d.h. parallel zur xy-Ebene vorzunehmen.

## Patentansprüche

1. Einrichtung zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes einer durch Atembewegungen ortsveränderlichen Körperregion (2) eines Patienten (4), mit einer Ultraschallwandleranordnung (6) zum Erzeugen zeitlich aufeinander folgender B-Bilder (S1-S7) in einer ortsfesten Bildebene (zy), die aufgrund der Atembewegung zu verschiedenen Schnittebenen der Körperregion (2) gehören, und mit einer Bildverarbeitungseinrichtung (12) zum dimensionsrichtigen Zusammensetzen der zeitlich aufeinander folgenden B-Bilder (S1-S7) zu einem 3D-Bild.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, bei der als Ultraschallwandleranordnung (6) ein Ultraschallwandler-Array vorgesehen ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Bildverarbeitungseinrichtung (12) Mittel zum Umwandeln des 3D-Bildes in ein oder mehrere C-Bilder umfasst.

4. Lithotripter mit einer Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

5. Verwendung einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zum Überwachen und Visualisieren der Zertrümmerung eines Konkrements (10) bei der Lithotripsie.

## Zusammenfassung

Einrichtung zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes

5

Eine Einrichtung zum Erzeugen eines dreidimensionalen Ultraschallbildes einer durch Atembewegungen ortsveränderlichen Körperregion (2) eines Patienten (4) enthält eine Ultraschallwandleranordnung (6) zum Erzeugen zeitlich aufeinander folgender B-Bilder (S1-S7) in einer ortsfesten Bildebene (zy), die aufgrund der Atembewegung zu verschiedenen Schnittebenen der Körperregion (2) gehören und eine Bildverarbeitungseinrichtung (12) zum dimensionsrichtigen Zusammensetzen der zeitlich aufeinander folgenden B-Bilder (S1-S7) zu einem 3D-Bild.

15

Figur

